

ВЫСШЕЕ

ОБРАЗОВАНИЕ

Ю. Е. Седельников, Д. А. Веденькин

Под редакцией

Ю. Е. Седельникова

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Оглавление

Список основных обозначений и сокращений.....	7
Предисловие	9
Введение.....	12
Тема 1. Проблема ЭМС радиоэлектронных средств	15
1.1. Краткий исторический очерк.....	15
1.2. Понятие радиочастотного ресурса	18
1.3. Факторы, влияющие на ЭМС технических средств	22
Тема 2. Факторы, влияющие на ЭМС РЭС	26
2.1. Электромагнитные помехи	26
2.1.1. Естественные радиопомехи	26
2.1.2. Электромагнитные помехи искусственного происхождения	29
2.2. Излучения радиопередающих устройств	30
2.2.1. Побочные излучения.....	31
2.2.2. Внеполосные излучения	39
2.2.3. Шумовые излучения	41
2.2.4. Параметры нежелательных излучений радиопередатчиков	43
2.3. Индустриальные помехи.....	45
2.3.1. Понятие индустриальных помех	45
2.3.2. Источники непрерывных помех.....	46
2.3.3. Источники широкополосных помех.....	47
2.3.4. Кратковременные помехи	51
2.3.5. Контактные помехи	52
2.3.6. Помехи, не связанные с непосредственным использованием электромагнитной энергии источником помех.....	55
2.3.7. Количественные характеристики индустриальных радиопомех.....	56
2.4. Пути распространения НЭМП.....	62
2.4.1. Особенности распространения НЭМП	62
2.4.2. Излучение и прием антеннами радиотехнических устройств	64
2.4.3. Коэффициент связи антенн	65
Коэффициент связи антенн в свободном пространстве	67

Коэффициент связи антенн с учетом влияния реальных радиотрасс	70
2.4.4. Частотные зависимости коэффициентов передачи фидеров	75
2.4.5. Пути распространения ИРП	76
Излучаемые и кондуктивные ИРП	76
Электромагнитное поле элементарных источников в ближней и дальней зоне	77
Связь проводников цепей источников и рецепторов ИРП. Дальняя зона	78
Связь проводников цепей источников и рецепторов ИРП. Ближняя зона	79
Кондуктивная связь проводников цепей источников и рецепторов ИРП	81
2.5. Воздействие НЭМП на рецепторы	86
2.5.1. Варианты воздействия НЭМП	86
2.5.2. Воздействие НЭМП на радиоприемники	87
Каналы приема	87
Прямое прохождение помех	89
Побочные каналы приема	90
Внеполосные эффекты	92
Интермодуляция в приемнике	95
2.5.3. Восприимчивость радиоприемников к НЭМП и характеристики частотной избирательности	97
Основной и побочный каналы приема	97
Блокирование и перекрестные искажения	99
Интермодуляция	101
2.6. Воздействие НЭМП на рецепторы, не являющиеся радиоприемниками	103
2.6.1. Характер воздействия	103
2.6.2. Параметры восприимчивости	106
Тема 3. Анализ ЭМО и показателей ЭМС	108
3.1. Основные задачи анализа ЭМС	108
3.2. Принципы анализа выполнения ЭМС в группе средств	109
3.3. Методы получения парной оценки ЭМС. Детерминированный подход	115
3.4. Парная оценка. Вероятностный подход	124
Вероятностная оценка в статической ситуации	124
Вероятностная оценка в нестационарных ситуациях	130
3.5. Оценка воздействия ИРП на радиоприемники	132
3.6. Оценка ЭМС источников ИРП и рецепторов, не являющихся радиоприемниками	134
3.7. Экспериментальные методы в задачах анализа ЭМС	138
3.7.1. Измерение параметров ЭМС источников и рецепторов помех	138

3.7.2. Основные виды измерений параметров ЭМС	142
Полевые измерения параметров ЭМС радиопередатчиков и радиоприемников.....	143
Трактовые измерения параметров ЭМС радиопередатчиков и радиоприемников.....	145
Измерение уровней излучаемых ИРП и восприимчивости рецепторов к ним	147
Измерения уровней создаваемых кондуктивных помех и восприимчивости рецепторов к ним	152
3.8. Геоинформационные технологии в задачах ЭМС	154
3.9. Использование современных средств электродинамического моделирования в задачах ЭМС.....	157
3.9.1. Средства электродинамического моделирования	157
3.9.2. Пакет CST Studio Suite	158
Порядок и особенности создания электродинамических моделей в задачах ЭМС.....	159
3.9.3. Упрощения и приближенные представления	162
3.9.4. Специализированные пакеты анализа ЭМС	165
Тема 4. Обеспечение электромагнитной совместимости	167
4.1. Задачи и средства обеспечения ЭМС.....	167
4.2. Существо мер обеспечения ЭМС с позиций использования радиочастотного ресурса.....	171
4.3. Организационно-технические меры обеспечения ЭМС	176
4.3.1. Содержание мер обеспечения ЭМС с позиций использования радиочастотного ресурса	176
4.3.2. Организация использования радиочастотного ресурса. Международный уровень	178
4.3.3. Организация использования радиочастотного ресурса. Национальный уровень.....	180
4.3.4. Техническое регулирование в ЭМС.....	186
4.4. Системотехнические меры обеспечения ЭМС	198
4.4.1. Обеспечение ЭМС на основе использования пространственных факторов.....	201
4.4.2. Обеспечение ЭМС на основе временных факторов.....	206
4.4.3. Выбор мощностей в группе РЭС.....	210
4.4.4. Обеспечение ЭМС в группе РЭС путем выбора значений чувствительности радиоприемников	212
4.4.5. Обеспечение ЭМС на основе использования частотных факторов	214
4.4.6. Обеспечение ЭМС на основе совместного использования радиочастотного ресурса в частотной и пространственной областях.....	215
4.5. Схемотехнические методы обеспечения ЭМС.....	220
4.5.1. Существо и особенности схемотехнических мер	220
4.5.2. Компенсация помех	224

4.5.3. Фильтрация помех	226
Цели фильтрации и основные особенности фильтров	226
Практическая реализация принципов фильтрации	231
Фильтры в сигнальных цепях и цепях электропитания	235
Фильтры поглощающего типа	235
4.5.4. Повышение развязки антенн.....	239
4.5.5. Специальные схемные решения помехоподавления.....	241
4.5.6. Выполнение межблочных соединений	241
4.5.7. Устройства защиты радиоприемника от мощных импульсных помех.....	245
4.6. Конструкторско-технологические меры обеспечения ЭМС	246
4.6.1. Существо и особенности конструкторско-технологических мер.....	246
4.6.2. Экранирование корпусов и блоков РЭС.....	248
4.6.3. Экранирование проводников.....	256
4.6.4. Заземления.....	263
4.6.5. Группирование проводников	268
4.6.6. Зонирование и компоновка элементов РЭС	269
4.7. Защита от электростатических и грозовых разрядов.....	270
Краткий справочник основных терминов	273
Литература	275
Приложение 1. Воздействие ЭМП радиочастотных диапазонов на материалы и биологические объекты.....	279
Приложение 2. Стандартные требования к параметрам ЭМС...	293
Приложение 3. Перечень основных стандартов в области ЭМС	301